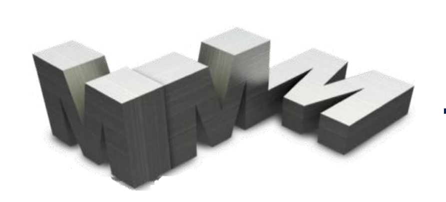




Protección de Equipos contra Interferencias Eléctricas en Plantas Industriales

Índice General



I.- Lo que Necesitan los Equipos para Funcionar.

Interferencias Eléctricas en Detectores de Metal y Chequeadores de Peso:

Detectores de metales de alta sensibilidad y controladores de peso con procesamiento digital intenso son sensibles a interferencias y están preparados con filtros y protecciones para resistir estos efectos conforme normas CE y otras equivalentes.

Fallas severas de conexión a tierra y ruido eléctrico que supere los niveles aceptables de interferencia conforme normas de compatibilidad electromagnética-EMC- y normas IEC no solamente pueden afectar el funcionamiento de los equipos generando falsas lecturas, disparos en falso o corrupción de datos sino que también provocan la destrucción parcial o total de módulos electrónicos y fuentes de alimentación conmutadas.

Sin una buena tierra, los sistemas de protección de los equipos quedan anulados y sujetos a interferencias.
Fallas de instalación, neutro deficiente, armónicas excesivas pueden quemar componentes y provocar disparos en falsos.
Cableado mal hecho y sin blindajes, acoplan interferencias en los cables de tierra y alimentación, que terminan perturbando los equipos.

Algunos de los síntomas de interferencias en los equipos se manifiestan de la forma:

- Disparos falsos eventuales que ocurren aun sin pasar producto.
- Display con signos extraños.
- Falla de comunicación del DSP.
- Lecturas erráticas en los checkweighers.
- Daño de la fuente de alimentación, total o parcial.
- Daño de las celdas de carga.
- Daño de alguno de las tarjetas electrónicas.
- Corrupción de datos de la biblioteca o de set-up del equipo.

Otros síntomas de que hay interferencias en la planta:

- Diferencia de potencial entre la estructura del equipo y otras estructuras.
- Hay otros equipos, como envasadoras y codificadores con problemas.

Estas interferencias son causadas por:

- Sobrecarga de líneas.
- Uso de inversores de frecuencia sin las debidas protecciones de tierra y blindajes de cables.
- Neutro deficiente en la cabina de entrada.
- Uso del neutro como tierra de protección.
- Ausencia de tierra de protección y tierra de equipos electrónicos.
- Cables de potencia pasando junto con cables de comando o con cables de señales.
- Relés y contactos oxidados que introducen ruidos durante la conmutación.
- Problemas de la red pública.
- Tierra de protección con acoplamiento capacitivo a líneas ruidosas.
- Llaves seccionadoras, que provocan tren de pulsos (burst) de hasta 1600 picos de alta tensión.

Estos problemas son típicos en plantas que están expandiendo rápidamente, que fueron adquiridas recientemente y deben ser modernizadas o se desconocen las normas de compatibilidad electromagnética.
Las Normas más adecuadas son EN50160 y IEC 61000-4-1 e 4 (burst transients), IEC61000-4-2 (electrostatic discharges) y recomendaciones EMC (electromagnetic compatbility).

II.- Medidas Prácticas para Minimizar Interferencias.

Medida	Efecto de la Medida
Puesta a tierra Instalar una jabalina de tierra lo más cerca posible del equipo y con el cable > que 16mm2 de sección. No debe pasar cerca o en paralelo con cables de energía. La jabalina no debe ser simplemente clavada y se debe hacer la puesta a tierra correcta, si es necesario colocando gel u otros productos. Consulte un especialista para la medición de la resistencia, que debe ser < 5 ohms. **No usar el Neutro como tierra.**	Provee una referencia de tierra real libre de interferencias y permite que los sistemas de protección del equipo puedan trabajar. **Nota:** Clavar simplemente una jabalina no es remedio seguro. Hay terrenos de baja conductividad y no se alcanza el valor correcto de resistencia a tierra, sin apelar a medidas auxiliares con el uso de materiales conductores (gel, carbón, etc.)

Medida	Efecto de la Medida
Alimentación de los equipos Red de iluminación o otra red libre de interferencias. Observar que si los reactores de iluminación no están conforme normas, producirán armónicos importantes en la red.	Minimiza los picos de interferencia generados por la conmutación de llaves, accionamiento de fusibles y de cargas inductivas diversas.
Inversores de frecuencia a una distancia menor que 3 metros: - Instalación de los inversores en caja metálica. - Sustituir los cables de salida por cables blindados y aterrados en un solo extremo.	Elimina el acoplamiento de ruido por el aire. Preserva la pureza de la tierra del equipo, que es la principal referencia para los filtros de protección.
- Los electroductos de pasaje deben ser metálicos y puestos a tierra y no pueden pasar juntos los cables de alimentación y cable de señales por el mismo ducto.	Evita el acoplamiento entre cables que pasan juntos por la misma tubería. **Nota:** Los inversores generan ruido de alta frecuencia que se acopla a los cables de tierra o alimentación de los equipos. No habría forma de proteger el equipo filtrando las interferencias, pues la pureza de tierra es la que está siendo degradada.
Electroductos: - Separar los electroductos de alimentación de máquinas de los electroductos de comando en 40cm, cuando circulan en paralelo. Si cruzan a 90 grados, no hay acoplamiento. - Separar los cables de PE – tierra de protección – de otros cables con energía, para evitar el acoplamiento capacitivo de interferencias. Evitar electroductos metálicos de la instalación pasando al lado del equipo, y en contacto eléctrico. Se pueden generar corrientes de ecualización fatales para la electrónica.	Minimiza el acoplamiento entre cables de energía de cables de comando y alimentación de equipos. Evita la entrada de ruidos en la tierra de referencia, alejando los otros cables.

Medida	Efecto de la Medida
Medidas generales - Verificar el equilibro de las fases en la cabina primaria y el estado de los condensadores de ajuste manual o automático. - Verificar el estado del neutro y resistencia a tierra. Las máquinas no pueden estar conectadas al neutro o estar sin protección de tierra. El voltaje de desequilibrio del neutro puede ser elevado, quemando equipos y poniendo en peligro a los operadores.	Una red equilibrada y con pocos armónicos minimiza el consumo por pérdidas e interferencias por armónicos. La práctica de poner a tierra las máquinas en general, separada del neutro sirve para proteger a las personas evitar la circulación de corrientes de ecualización peligrosas. Los accidentes con daños en los equipos e interferencias son minimizados.
Protección contra contactos de llaves y relays. Verificar periódicamente componentes de la red eléctrica con contactos oxidados.	Un contacto oxidado provoca ruido de radio frecuencia. Luego de la puesta en marcha está todo normal, pero después de un tiempo aparece el ruido.
Interferencias eléctricas de alta frecuencia: - Recomendamos el uso de transformadores aisladores, que por tener baja capacitancia de acoplamiento entre devanados, filtra los picos de alta frecuencia y aíslan el equipo del neutro. Consultar con MMM & SICSA. - Filtros de modo común con ferritas. Consultar con MMM & SICSA. - Usar preferentemente un estabilizador de voltaje industrial o no-break usado para computadores de la planta.	Los transformadores aisladores ayudan a proteger los equipos de fallas severas del neutro y de interferencias de alta frecuencia. Funcionan condicionados a que la tierra sea buena.

III.- Sugerencias Prácticas.

1- Falsas detecciones en Detectores de Metales.

• Verificar si hay algún motor accionado en la planta en el exacto momento en que ocurre la interferencia en el equipo. Por ejemplo, cuando el software deja de funcionar o cuando se interrumpe la comunicación en los paneles de control o se producen falsas detecciones.

• Verificar la diferencia de potencial entre máquinas: Es muy común que entre una máquina y otra se verifique una diferencia de potencial. Este es un síntoma de tierra deficiente.

Algunas medidas a tomar:

• Instalar una jabalina de tierra independiente para los controladores de peso o para el detector de metal. Cuando se tienen detectores o controladores de peso próximos uno de los otros (3m), es posible usar una sola jabalina.

• Aislar eléctricamente la maquina que genera la interferencia o, mejor, ponerla a tierra con otra jabalina independiente.

2- Ruido entrando por la red de alimentación

• Puede ser generado por la ecualización de tierras o por un Neutro de mala calidad.

• Si el ruido es de MODO COMUN, o sea entra al mismo tiempo por los dos conductores de alimentación, el filtrado es difícil.

Algunas mediadas a tomar:

• Instalar un transformador aislador. Este transformador con tensión de entrada y salida del mismo valor filtra parcialmente este ruido de modo común. Esta solución también puede ayudar a eliminar ruidos unipolares.

• Verificar la calidad del Neutro de la red de alimentación general. En instalaciones trifásicas con salida tipo triangulo, en general se presentan problemas de Neutro conectado a tierra en uno de los ramos. Ocurre lo que se llama de tierra fluctuante cuyo desequilibrio provoca la mala operación de algunos equipos.

IV.- Puesta a Tierra de Equipos Electrónicos en la Industria.

• Específicamente para los sistemas electrónicos, la tierra debe proveer un plano de referencia estable, sin perturbaciones, para que puedan funcionar como referencia tanto en alta cuanto en bajas frecuencias.

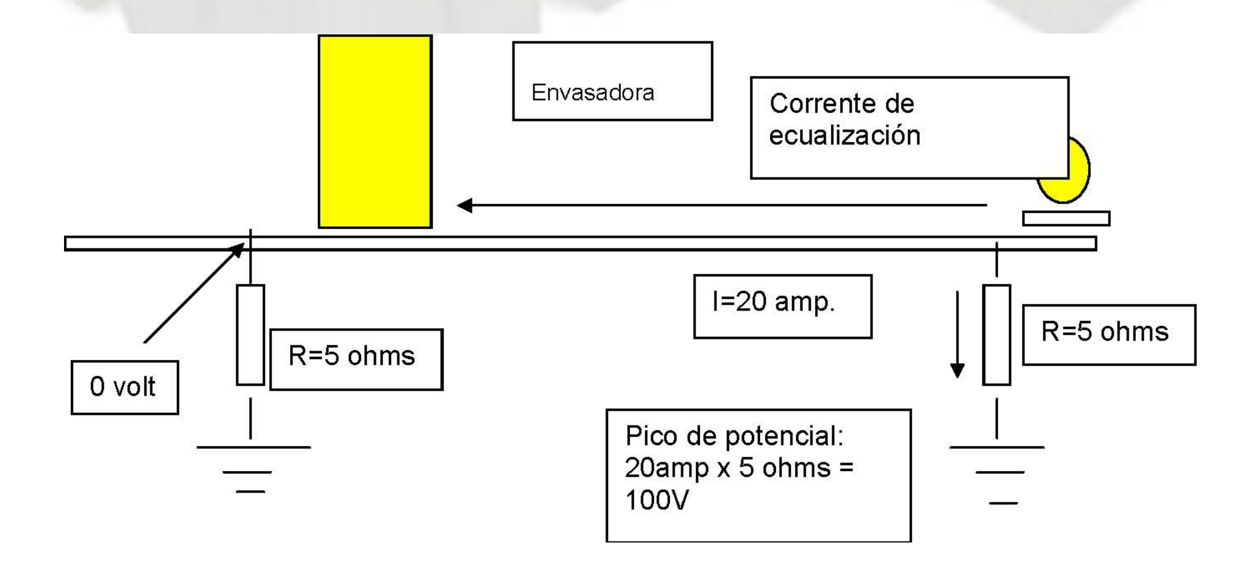
• Las interferencias eléctricas generadas en una planta deben ser dirigidas para tierra.

• Son difíciles de detectar pues generalmente no son continuas y pueden venir por las estructuras de máquinas o la red, dificultando descubrir su origen y filtrado.

Ejemplo: Un pico de energía generado por la conmutación de una carga puede provocar una variación de planos de tierra y una corriente de ecualización, peligrosa para las personas y equipos.

Cuando se acciona un motor a cierta distancia y el sistema de tierra no está bueno (puesta a tierra de 5 Ohms) puede ocurrir una elevación de potencial que se transfiere a todas las máquinas. Si por ejemplo, la corriente a tierra es de 20 amperes, el potencial de tierra en el motor se eleva en 100V.

Como nuestra máquina está a 0 Volt y si hay una conexión eléctrica con el motor, tendremos un flujo de corriente.



Sugerencia:
• Verificar si hay algún motor accionando dentro de la planta justo en el momento que se presenta la interferencia sobre nuestras maquinas. Por ejemplo, cuando se congelan los paneles, aparecen caracteres diferentes o se producen falsas detecciones en detectores de metales.

• Verificar la diferencia de potencial entre máquinas: Es común que entre una máquina y otra haya una diferencia de voltaje y es un síntoma de instalación con tierra deficiente.

Si ocurre esto, las medidas pueden ser:
• Colocar una jabalina a tierra independiente para los controladores de peso. Como estos equipos están muy próximos, puede ser utilizado una única jabalina.

• Tratar de aislar eléctricamente la envasadora o, mejor, aterrarla con otra jabalina.

Ruido entrando por la línea de alimentación
Puede ser generado por esta ecualización de tierras o por un neutro malo.
Si el ruido es de MODO COMUM, o sea entra al mismo tiempo por los dos terminales, es difícil de filtrar.

Sugerencia:
• Instalar un transformador aislador. Es un transformador especialmente preparado para minimizar el acoplamiento eléctrico de interferencias de frecuencia elevada. Filtra parcialmente este ruido unipolar y de modo común.

• Verificar la calidad del neutro de la red de alimentación general. En instalaciones trifásicas con salidas en patrón “triangulo”, generalmente se presentan problemas del Neutro conectado a tierra en uno de los ramos, en función del desbalance de cargas en el sistema trifásico ocurre lo que llamamos de tierra fluctuante.

V.- Calidad de la Puesta a Tierra.

La medición de la resistividad del suelo es la condición inicial para hacer un buen plano de tierra. Los potenciales que se pueden generar, pueden poner en riesgo a personas y equipos.
La puesta a tierra es responsabilidad del usuario y tiene que ser hecha obligatoriamente siguiendo normas nacionales o internacionales en el caso de que haya reglamentos todavía.

En Brasil se usa la norma NBR14039 y la norma NR-10, para protección humana.

El sistema de puesta a tierra, en el caso de proyecto y análisis puede ser dividido en cuatro **subsistemas**, a saber:

1) Subsistema de electrodos de tierra. Protección de instalaciones.
2) Subsistema de protección contra descargas atmosféricas. Protección humana para causas naturales (para rayos).
3) Subsistema de protección contra fallas del sistema eléctrico. Mejora de la calidad de servicio, principalmente de protección.
4) Subsistema de referencia de señales. Referencial de potencial para la instalación.

La designación de la puesta a tierra es hecha por dos letras:
• La primera letra define, como el Neutro es conectado a tierra.
- T= Conexión directa al electrodo o malla.
- I= Aislado o conectado a través de resistencia de alto valor.

• La segunda letra define como las estructuras son conectadas a tierra.
- T= Conexión a tierra por un electrodo independiente.
- N= Conexión a tierra a través del conductor Neutro.

VI.- Función de la Puesta a Tierra.

PUESTA A TIERRA FUNCIONAL: Es la puesta a tierra de un conductor vivo, normalmente el Neutro para el correcto funcionamiento **de la instalación.**

PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN: Conexión a tierra de las estructuras, para proteger a personas de choques eléctricos indirectos.

PARA PROTECCIÓN DE DESCONECTADO AUTOMÁTICO: Tiene que tener un camino de baja impedancia de retorno a tierra para facilitar la operación del sistema de protección.

PARA CONTROL DE TENSIONES: Permite controlar las tensiones desarrolladas en el suelo (rayos) y de transitorios, estabilizando la tensión en el caso de una falla de tierra o de una conmutación de cargas.
PARA PROTECCIÓN DE CARGAS ESTÁTICAS: Las cargas estáticas generadas en estructuras fluyen por la tierra.

PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIZACIÓN DE EQUIPOS DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y SIMILARES.
A utilizar en detectores de metales y chequeadores de peso.

NOTAS:
USO DE LA TIERRA PRINCIPAL DEL EDIFICIO.
Puede ser utilizado pero condicionado a las medidas de protección, acoplamiento eléctrico y magnético de las normas. Si hay riesgo de acoplamientos, se debe hacer la puesta a tierra individual para cada equipo.

COMPATIBILIDAD CON CONDUCTORES PEN DEL EDIFICIO.
En edificios que tienen equipos de informática se debe considerar el uso de un conductor de protección **(PE) y conductor neutro (N) separado, desde el punto de entrada de alimentación.**

El objetivo es reducir al mínimo la posibilidad de problemas de compatibilidad electromagnética causados por el pasaje de sobre corrientes del neutro en los cables de señales.

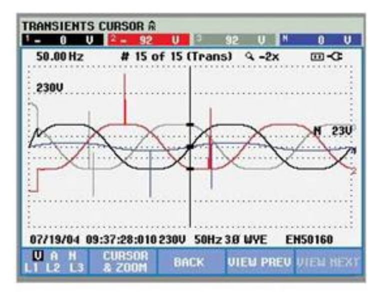
ELECTRODO O JABALINA DE PUESTA A TIERRA.
La puesta a tierra debe ser única en cada local de instalación. Hay casos en que se pueden hacer instalaciones separadas. Siguiendo las siguientes precauciones:

a) El valor de la resistencia a tierra no se modifique mucho con el tiempo.
b) Que resistan las solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
c) Que sean robustas y tengan protección mecánica apropiada.

No usar como electrodo de puesta a tierra las canalizaciones metálicas de agua o de otros servicios.

VII.- Estudio de los Problemas en la Red.

Transitorios
El transitorio provocado por el accionamiento de un fusible térmico, por ejemplo, puede llegar a varios KV, pues se trata de una rampa abrupta de interrupción de corriente. En las fotos se muestra los picos de conmutación de un inversor de frecuencia.
Estos picos tienen un espectro de frecuencia elevado, llegando a cerca de MHz y pueden entrar en los equipos por acoplamiento eléctrico.



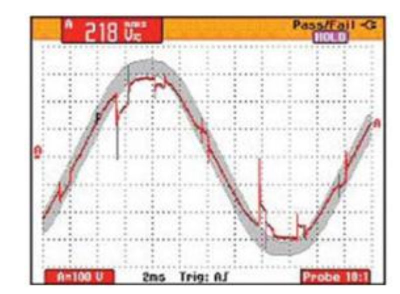
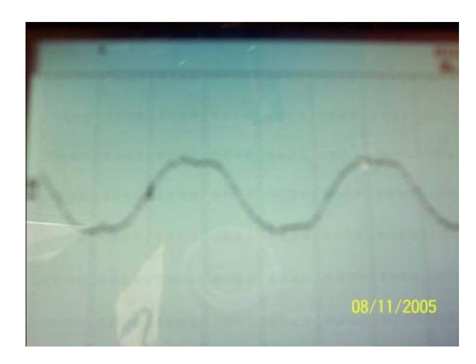


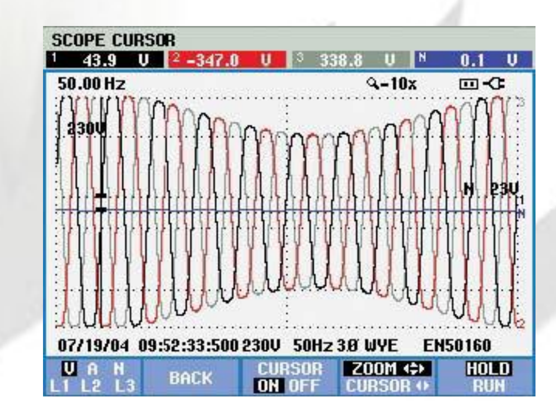
Figura 1 – Transitorios en una red.

Fluorescentes con balastos electrónicos, rectificadores y condensadores si no están de acuerdo con las normas, también pueden introducir estos picos en la red.

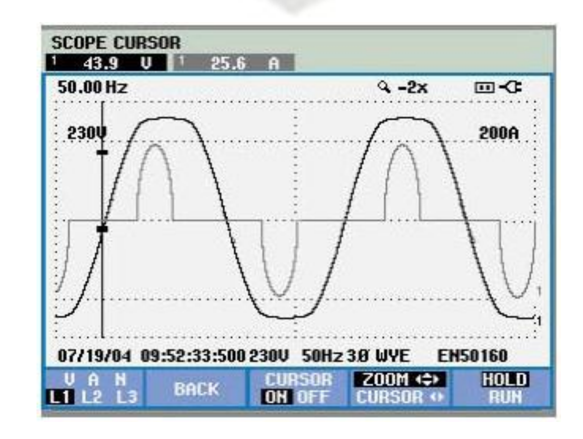


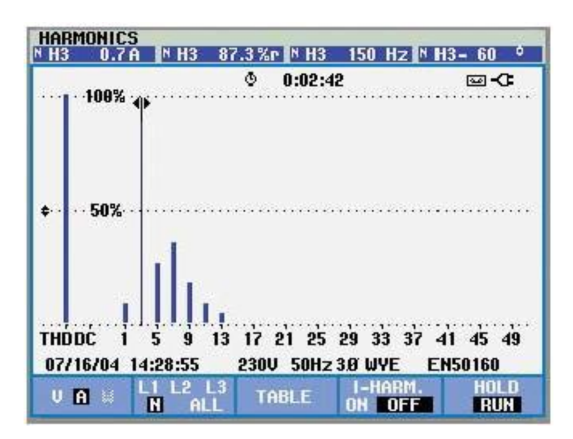
Estas cargas son generadoras de armónicos pues trabajan de consumiendo corriente de forma pulsante que puede oscilar a una frecuencia de 6Hz (se puede ver la iluminación titilando)
Forma de onda AC en una fabrica peruana, que generaba interferencias en checkweighers.

Variación de tensión del40% cuando se ha conectado una carga.
Si la fuente conmutada está en su tensión limite, habrá una falla de regulado o quema de la fuente.

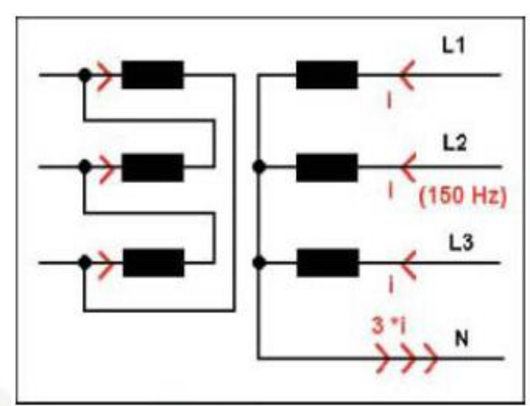


Estas corrientes con forma de pulso provocan un aplanamiento de la forma de onda de tensión por causa de los armónicos quinto y séptimo.





El tercer armónico está presente solamente en la tensión pues este armónico se cortocircuita en los transformadores del tipo triángulo-estrella. Esto es un problema pues aparte de las pérdidas generadas, el tercer armónico retorna por el neutro, que termina quemándose, con consecuencias serias sobre la instalación y equipos.



La tercera armónica es de 150Hz para una frecuencia de red de 50Hz.
Para una red de 60Hz, será de 180Hz.
La diferencia de carga se suma en el neutro, provoca variaciones de referencia de tierra y se puede inclusive quemar.
En estas condiciones, no hay equipo que pueda funcionar con confiabilidad.

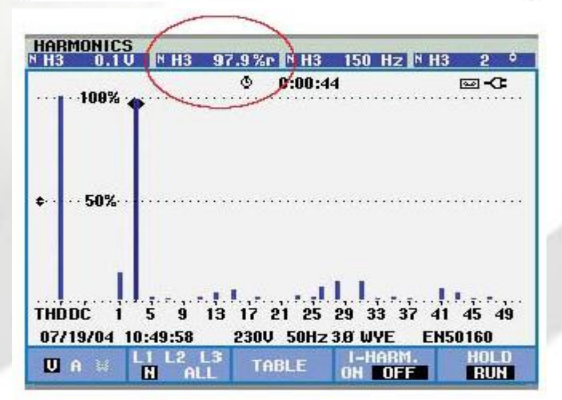


Figura 4 – Carga del conductor de neutro por el tercer armónico. Corriente circulando en el devanado primario

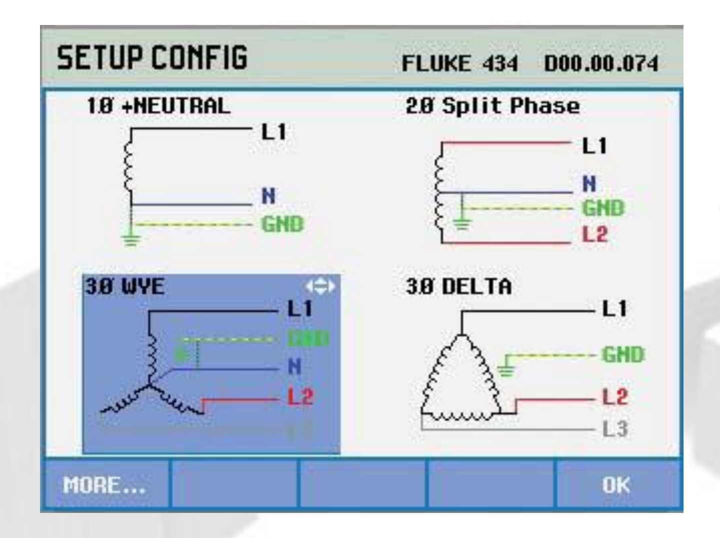
Modulación de la tensión
Las variaciones de tensión provocadas por la conmutación de grandes cargas hacen que las Fuentes de alimentación llaveadas reenvíen comandos de reinicialización al microprocesador (“Power Good” y “Watchdog”) creando problemas de funcionamiento.

Desequilibrio
Ocurre cuando las tensiones de las tres fases no son las mismas o sus desfases no son de 120°. Las causas principales son las cargas desequilibradas en la instalación.
Cargas con desequilibrio activo (cargas resistivas): se genera una diferencia de amplitud de las tensiones.
Cargas con desequilibrio reactivo (inductancias): desfase entre fases.

El desequilibrio en las fases puede hacer que los motores eléctricos se sobrecalienten y/o que las corrientes en el PEN (conductor de protección con neutro combinado) fluyan a través de todas las estructuras conductoras de la planta, incluido el blindaje de cables en redes de datos.
Resultado: costos por pérdidas de información de la transmisión de datos, motores sobrecalentados, protección de tierra incompatible.

Configuraciones de red eléctrica:

1) Monofásico: entre una fase y neutro + tierra separada.
2) Bifásico: entre dos fases + tierra separada.
3) Trifásico en estrella, con neutro aterrado + tierra separada.
4) Trifásico triangulo: con tierra separada y sin neutro.



Referencias:
NBR-5410
NBR-5419
IEC-60364
Protección contra sobre tensión de origen atmosférico y pararrayos. Siemens
Advanced Inc. Ltda
LaPSEE- Laboratorio de Planeamiento de Sistemas de Energía Eléctrica
FLUKE Solución de problemas con el analizador 430.
Control TechNotes Reducing Noise Susceptibility Tec. Note No. 26 April, 2000.